

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-010306

(43)Date of publication of application : 16.01.1998

(51)Int.Cl.

G02B 5/18

(21)Application number : 08-162647

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 24.06.1996

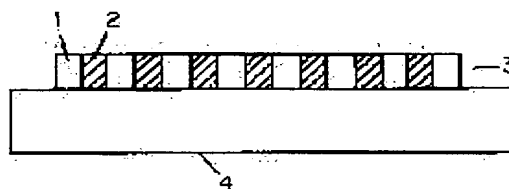
(72)Inventor : KARASAWA TAKESHI  
TAKETOMI YOSHINAO

## (54) ARTIFICIAL LATTICE AND FORMATION OF ARTIFICIAL LATTICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a three-dimensional lattice structure of a micron scale formed perpendicularly to a substrate or at a certain angle therewith by specifying the refractive indices of the respective regions of the laminated structure in which the two regions are alternately repeated and arranging this structure on a base body having a specific normal direction or between the base bodies.

**SOLUTION:** An object to be treated has a material system 3 on the base body 4 and is formed with the regions varied in the properties by photo-irradiation, for example, the refractive index  $n_1$  region 1 and refractive index region  $n_2$  ( $n_1 \neq n_2$ ) where the refractive indices vary each other. The repeating structures consisting of such respective regions 1, 2 is arranged on the base body having the normal direction not parallel with the normal direction of the laminated structure or between the base bodies. The formation of the artificial lattice structure is thus made possible not by the repeating lamination of the varying thin films but by the effect of the energy rays to a certain material. Further, the irradiation with the other energy rays prior to the irradiation with the energy rays bisected for the purpose of the formation of the lattice structure is applied.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

2/7

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-10306

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 5/18

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 5/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-162647

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月24日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 柄沢 武

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(72) 発明者 武富 義尚

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

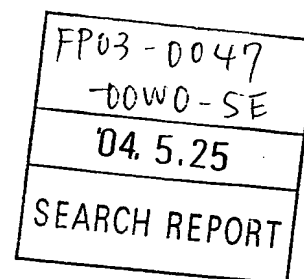
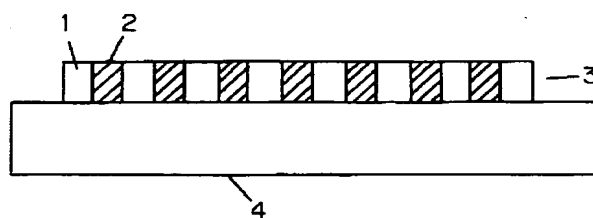
(54) 【発明の名称】 人工格子および人工格子の形成方法

(57) 【要約】

【課題】 比較的簡便な方法により基板に対して垂直またはある角度をもって形成されるミクロンスケールの3次元人工格子構造とその形成方法を提供すること、特に新規な光機能素子を光アシストプロセスにより形成する手法を提供することを目的としている。

【解決手段】 屈折率の異なる領域の屈折率  $n_1$  領域1と屈折率  $n_2$  領域2を交互に繰り返した格子構造を、干渉性の高いエネルギー線の2分割干渉照射とこれとは波長の異なるエネルギー線の照射との組み合わせにより形成する。

1 屈折率  $n_1$  領域  
2 屈折率  $n_2$  領域



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】領域 A 1 および領域 A 2 が交互に繰り返す積層構造において、前記領域 A 1 は所望の屈折率  $n_1$  を有しており、前記領域 A 2 は前記屈折率  $n_1$  とは異なる屈折率  $n_2$  を有しており、前記積層構造は前記積層構造の法線方向とは平行ではない法線方向を有する基体上または基体間に配置される人工格子。

【請求項 2】領域 A 1 および領域 A 2 が交互に繰り返す積層構造において、前記領域 A 1 および領域 A 2 のうち少なくとも一方は前記積層構造の外部からのエネルギーの作用により屈折率が変化する材料を含有し、前記積層構造は前記積層構造の法線方向とは平行ではない法線方向を有する基体上または基体間に配置され、前記基体にはエネルギー付与機構が設けられ、前記領域 A 1 の屈折率  $n_1$  および前記領域 A 2 の屈折率  $n_2$  とは相互に異なる値、またはまた等しい値をとるように設定することが可能である人工格子。

【請求項 3】エネルギーの異なる複数種類のエネルギー線を用い、前記複数種類のエネルギー線のうち 1 種類を除いて他は 2 分割し、前記 2 分割されたエネルギー線は請求項 1 ないし請求項 2 に記載の人工格子形成位置において干渉を起こしうるように照射され、前記 2 分割されたエネルギー線のエネルギーを吸収しうる物質を含有する材料系を用い、前記 2 分割されたエネルギー線の照射により前記材料系の一部分を改変することにより異なる領域の繰り返し構造を形成した後、前記未分割のエネルギー線を照射することによる人工格子の形成方法。

【請求項 4】エネルギーの異なる複数種類のエネルギー線を用い、前記複数種類のエネルギー線のうち 1 種類を除いて他は 2 分割し、前記 2 分割されたエネルギー線は請求項 1 ないし請求項 2 に記載の人工格子形成位置において干渉を起こしうるように照射され、前記エネルギー線の特定波長のエネルギーを吸収しうる物質を含有する材料系を用い、前記 2 分割されたエネルギー線の照射により前記材料系の一部分を改変することにより異なる領域の繰り返し構造を形成した後、前記未分割のエネルギー線を照射することによる人工格子の形成方法において、前記 2 分割されたエネルギー線の照射に先立ち前記未分割のエネルギー線により被処理物を照射することを特徴とする人工格子の形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3次元人工格子構造とその形成方法に関し、特にレーザー光線による光アシストプロセスを利用したミクロな構造形成およびその機能制御技術を用いた人工格子および人工格子の形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】各種のデバイスは材料の利用技術の高度化にともないますます微細化、複合化が進み、新たな機

能の創出が求められている。ある一つの材料系においてもそれがバルクの混合物としてであるか、薄膜であるかにより物性および利用のされ方が異なることは多々ある。さらに微小な繰り返し周期を有する構造、例えば半導体超格子などは特異な物性や機能の発現に大きな役割を果たすようになってきている。多層積層構造、人工格子構造、多重量子井戸など様々な周期構造があり、またそれらを構成する材料も無機材料から有機材料に至るまで、さらに同一種類のものどうしのものから異種物質の組み合わせにより構成されるものまでじつに多種多様である。

【0003】化合物半導体の例では、例えば超高真空装置を必要とする分子線エピタキシー法や、高純度が要求されかつ有害性の高い各種の原料ガスを必要とする化学的気相成長法など高度な技術と大がかりな設備を要している。これらの方法は主として基板面に対して格子面が平行またはそれに近いものを形成するのに適していた。したがって基板に対しそれが垂直に近いものまたは完全に垂直なものを形成するには積層が完了した薄膜を例えば収束イオンビームなどを用いて加工する、またはフォトリソグラフィ技術を用いてパターン形成を行うなどの方法を必要としている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、人工的な周期構造、格子構造により様々な機能を作り出せることが期待されているが、用いる材料、形成方法などにおいて多くの可能性が利用されずに残っている。

【0005】本発明は、比較的簡便な方法により、基板に対して垂直またはある角度をもって形成されるミクロンスケールの 3 次元人工格子構造とその形成方法を提供することを目的とする。また、新規な光機能素子を光アシストプロセスにより形成する手法を提供する。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明の第一の構成は、領域 A 1 及び領域 A 2 が交互に繰り返す積層構造において、前記領域 A 1 は所望の屈折率  $n_1$  を、また、前記領域 A 2 は前記屈折率  $n_1$  とは異なる屈折率  $n_2$  を有しており、前記積層構造は前記積層構造の法線方向とは平行ではない法線方向を有する基体上または基体間に配置される人工格子である。

【0007】また、本発明の第 2 の構成は、領域 A 1 及び領域 A 2 が交互に繰り返す積層構造において、前記領域 A 1 および領域 A 2 のうち少なくとも一方は前記積層構造の外部からのエネルギーの作用により屈折率が変化する材料を含有し、前記積層構造は前記積層構造の法線方向とは平行ではない法線方向を有する基体上または基体間に配置され、前記基体上には前記領域 A 1 および領域 A 2 に共通なエネルギー付与機構が設けられ、前記領域 A 1 の屈折率  $n_1$  および前記領域 A 2 の屈折率  $n_2$  とは相互に異なる値、またはまた等しい値をとるよう

設定することが可能である人工格子である。

【0008】また、本発明の第一の形成方法は、エネルギーの異なる複数種類のエネルギー線を用い、前記複数種類のエネルギー線の内1種類を除いて他は2分割し、前記2分割されたエネルギー線は人工格子形成位置において干渉を起こしうるように照射され、前記2分割されたエネルギー線のエネルギーを吸収しうる物質を含有する材料系を用い、前記2分割されたエネルギー線の照射によって前記材料系の一部分を改変することにより異なる領域の繰り返し構造を形成した後、前記未分割のエネルギー線を照射することにより形成するものである。

【0009】また、本発明の第2の形成方法は、エネルギーの異なる複数種類のエネルギー線を用い、前記複数種類のエネルギー線の内1種類を除いて他は2分割し、前記2分割されたエネルギー線は人工格子形成位置において干渉を起こしうるように照射され、前記エネルギー線の特定波長のエネルギーを吸収しうる物質を含有する材料系を用い、前記2分割されたエネルギー線の照射により前記材料系の一部分を改変することにより異なる領域の繰り返し構造を形成する人工格子の形成方法において、前記2分割されたエネルギー線の照射に先立ち前記未分割のエネルギー線により被処理物を照射するものである。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明はその適用範囲が広く材料に関しては金属、半導体、セラミックスなどの無機材料から高分子化合物など有機材料まで適用が可能である。また、利用するエネルギー線はその目的に応じて赤外光、可視光、紫外光、X線など広範なエネルギー領域、すなわち波長領域を包含している。しかし格子構造の形成には良好な干渉性を必要とするため、2分割干渉に用いるエネルギー線としては各種のレーザーを用いることが望ましい。ここでは照射光に対して透過率の高い2つの基板間に材料系をはさみ込み、光照射により人工格子を形成する場合についてその詳細を述べるが、1つの基板上に材料系を塗付し、それに光照射をすることにより人工格子を形成することはもちろん可能である。

【0011】実施例は可視光のレーザーを用い、材料系は各種の有機高分子材料を主体とし、基板はガラス基板を用いる場合について取り上げるが、例えば可視光において可能なことは、エネルギー吸収媒体の感度特性の異なるものを利用すれば赤外光や紫外光などの利用が可能なのは容易に類推できるであろうし、温度条件などが適当な範囲であれば基板に透明な合成樹脂を用いることも可能であり、また、材料系も有機物質に限らず使用するレーザー光のエネルギーと化学結合エネルギーとの相関から金属、半導体、セラミックスなどの無機材料との組み合わせも多々ありうることは言うまでもない。

【0012】まず、以下に述べる発明の詳細の共通事項として形成しようとする人工格子の概略断面、レーザー

光の2分割干渉照射の光学系の概略構成、およびガラス基板の洗浄方法について述べておくことにする。

【0013】図1は形成しようとする人工格子の1例を示す断面概略図である。被処理物は基体4の上に材料系3があり、後述の光照射により物性の異なる領域、例えば屈折率が互いに異なる屈折率 $n_1$ 領域1および屈折率 $n_2$ 領域2 ( $n_1 \neq n_2$ ) が形成される。

【0014】図2は光照射用の光学系の構成図である。光の干渉、特に位相を利用するには光路長、光束の均一性が重要である。レーザー21から出射したレーザー光はコリメート用レンズ系22によって均一な平行光束となり、ハーフミラー23によって2分される。2分されたレーザー光のそれぞれはミラー24により被処理物25上にて干渉を生ずるように照射される。

【0015】ガラス基板（例えば通常のスライドガラスやコーニング7059、旭硝子AN635など）を界面活性剤と超音波および純水と超音波による洗浄の後、IPA蒸気乾燥させる。乾燥ベーク炉にて110℃30分乾燥させた後、形成時の温度に設定したホットプレート上におき温度が安定したことを確認する。ミクロなごみや付着物、不純物を取り除き、かつ残留水分が無いようにするものである。

【0016】また、いずれの材料系も各種の光照射によるプロセスを使用するのでガラスの洗浄の後はずべての作業を暗い赤色光源のもとで行い、終了まで通常の外光や白色光源にはさらさない。以下、具体例について詳細に述べる。

【0017】（実施の形態1）基板として各種のガラスを用い、材料系としてオリゴマーおよび液晶に増感剤および色素を添加したものを主体とするものを用い、この材料をガラス基板間にはさみ込み、レーザー光の2分割干渉照射を行うことによりフォトリソグラフィや電子線描画などの技術を用いずに人工格子構造を形成した。レーザー光は干渉性が高く、光路長を正確に調整することにより2分割した光を同一面上に照射することにより干渉による強度分布を作り出せる。この強度分布に対応して異なる領域を作るために光重合反応を利用する。

【0018】これはあらゆる材料系において可能なわけではなく、ある種の材料の組み合わせを必要とするが形成されるポリマーと液晶の相性に問題がなくかつ重合開始剤系が効率の高いものであれば適用範囲は広い。

【0019】（実施例1）ガラス基板として通常のスライドガラスを用い、材料系はネマティック液晶（チソ社）を約0.5g、オリゴマーはアクリル末端のウレタンオリゴマーを約0.5g、増感剤はN-フェニルグリンを約 $2 \times 10^{-3}$ g、色素はロードミンBを約 $1 \times 10^{-3}$ g、スペーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約 $1 \times 10^{-4}$ g（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。

【0020】洗浄したスライドガラス2枚をおよそ75℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかミクロスポイトを利用する）一方のガラス基板上に滴下する。気泡などが入らないように注意しながら他方のガラス基板をのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡のを助けるためのもので、適度な重さでよい）をかけて数分間放置する。素早く基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。

【0021】基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力150mW（レーザー電源に付随のメーター値）で約15秒間照射する。その後直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ30mWで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0022】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転に伴い全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。

【0023】（実施の形態2）基板として各種のガラスを用い、材料系としてオリゴマーおよび液晶に増感剤および色素を添加したものを主体とするものを用い、この材料をガラス基板間にはさみ込み、レーザー光の2分割干渉照射を行うことによりフォトリソグラフィや電子線描画などの技術を用いずに人工格子構造の形成を可能にする手法を用い、基板としてガラス上に透明導電膜を形成したものを使うことにより電気的に光の回折方向を制御可能な光機能素子を形成した。

【0024】レーザー光は干渉性が高く、光路長を正確に調整することにより2分割した光を同一面上に照射することにより干渉による強度分布を作り出せることから、この強度分布に対応して異なる領域を作るために光重合反応を利用するプロセスであることは前実施例と共通である。

【0025】（実施例2）透明導電性薄膜（ここではITOを用いたが、その他にも使用可能な金属や金属酸化物、例えば $\text{SnO}_2$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ などがある）をつけたガラス基板（コーニング7059）を用い、材料系はネマティック液晶（チソ社）を約0.5g、オリゴマーはアクリル末端のウレタンオリゴマーを約0.5

g、増感剤はN-フェニルグリシンを約 $2 \times 10^{-3}$ g、色素はローダミンBを約 $1 \times 10^{-3}$ g、スパーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約 $1 \times 10^{-4}$ g

（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。洗浄したITO付きガラス基板2枚を75℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかミクロスポイトを利用する）一方のガラス基板のITOが付いた面上に滴下する。

【0026】気泡などが入らないように注意しながら他方のガラス基板のITOが付いた面を材料側に向けてのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡のを助けるためのもので、適度な重さでよい）をかけて数分間放置する。素早く基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力150mW（レーザー電源に付随のメーター値）で約15秒間照射する。その後直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ30mWで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0027】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。

【0028】電圧の印加により偏向を制御できることを確認する。液晶材料を含有しているので交流パルス駆動（1KHz、50%デューティサイクル）を行う。前述のHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させ、直射光および回折スポットそれぞれの強度をパワーメーターで連続にモニターしながら印加電圧を次第に上げていく。電圧上昇とともに回折スポット強度が弱くなり、ある値に達するとほぼ直射光のみになるのが観察される。この動作は個々の試料の出来具合によりその様子にばらつきが見られるが、He-Neレーザー光のおよそ50%が回折されている状態から40～50V付近で回折光が弱くなり始め、100～130V程度でほぼ回折光は無くなる。

【0029】この動作は形成した3次元格子構造との関連において、次のように説明される。格子構造はオリゴ

マーと液晶を主体とした材料系に3次元強度分布を有する干渉レーザー光の照射による重合反応の結果形成されるが、形成過程において液晶は均一に分布せずに光強度の弱い領域に多く存在するようになる。その後の紫外線照射によりこの状態が固定化され、液晶が多く存在する領域とそうではない領域とが形成されている。一方外部からの電圧印加に対して応答するのは樹脂部分ではなく液晶部分のみであるから電圧印加により液晶分子の向きが変化し、実効的に液晶の多い領域の屈折率が変化するため回折格子としての働きが外部電圧により制御できる。

【0030】（実施の形態3）基板として各種のガラスまたはその上に透明導電膜を形成したものを、材料系としてオリゴマーおよび液晶に増感剤および色素を添加したものを主体とするものを用い、この材料をガラス基板間にはさみ込み、レーザー光の2分割干渉照射により回折格子を形成する方法において、回折効率の向上または液晶の偏折などに起因する各種不良の対策手法を開発した。レーザー光2分割干渉照射に先立ち高圧水銀ランプを用い比較的短時間の光照射を行う。ここでは高圧水銀ランプを用いるが、光源としてはこれに限定されるものではなく、類似の波長領域にスペクトル分布を有する光源であれば使用可能である。なお、現在のところそのメカニズムについて原子、分子レベルでの理解は得られていない。以下に代表的な具体例を示す。

【0031】（実施例3）ガラス基板として通常のスライドガラスを用い、材料系はネマティック液晶（チッソ社）を約0.6g、オリゴマーはアクリル末端のウレタンオリゴマーを約0.4g、増感剤はN-フェニルグリシンを約 $2 \times 10^{-3}$ g、色素はフルオレッセインを約 $1 \times 10^{-3}$ g、スペーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約 $1 \times 10^{-4}$ g（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。洗浄したスライドガラス2枚をおよそ78℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。

【0032】温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかミクロスボイトを利用する）一方のガラス基板上に滴下する。気泡などが入らないように注意しながら他方のガラス基板をのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡るのを助けるためのもので、適当な重さでよい）をかけて数分間放置する。この後レーザー照射をするものとレーザー照射に先立って光照射を行うものとを比較し、後者がレーザー照射時間の短縮および回折効率の向上に有効であることを示す。ここでは高圧水銀ランプを用いるが、光源としてはこれに限定されるものではなく、類似の波長領域にスペクトル分布を有する光源であれば使用可能である。

【0033】同様に準備した2つの試料のうち一方はガ

ラス基板間に材料をはさみ込んだ後、基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力100mW（レーザー電源に付随のメーター値）で格子の形成におよそ30秒間の照射を必要とする。

【0034】他方は、まず高圧水銀ランプを用い、およそ9mWで4秒間照射する。そして先と同様の条件でレーザー光を照射する。しかし、格子形成に要する時間は5～6秒程度である。両者ともにレーザー光照射後、直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ30mWで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0035】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。回折光の強度を比較すると紫外線照射無しにレーザー光を照射したものは回折される光が40%に満たないが、レーザー光照射前に紫外線照射を行ったほうは90%近くあり、明らかに前段の紫外線照射が特性の向上をもたらしている。

【0036】（実施例4）基板として通常のスライドガラス及び透明導電性薄膜（ここではITOを用いたが、その他にも使用可能な金属や金属酸化物、例えばSnO<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, などがある）をつけたガラス基板（コーニング7059）を用い、材料系はネマティック液晶（チッソ社）を約0.6g、オリゴマーはアクリル末端のウレタンオリゴマーを約0.4g、増感剤はN-フェニルグリシンを約 $2 \times 10^{-3}$ g、色素はフルオレッセインを約 $1 \times 10^{-3}$ g、スペーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約 $1 \times 10^{-4}$ g（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。洗浄したスライドガラスおよびITO付きガラス基板各々2枚を78℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。

【0037】温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかミクロスボイトを利用する）一方のスライドガラスおよびガラス基板のITOが付いた面上に滴下する。気泡などが入らないように注

意しながら他方のスライドガラスおよびガラス基板のITOが付いた面を材料側に向けてのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡るのを助けるためのもので、適当な重さでよい）をかけて数分間放置する。次に高圧水銀ランプを用い、およそ9mWで4秒間照射する。ここでは高圧水銀ランプを用いるが、光源としてはこれに限定されるものではなく、類似の波長領域にスペクトル分布を有する光源であれば使用可能である。

【0038】そして素早く基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力100mW（レーザー電源に付随のメーター値）で5～20秒間照射する。その後直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ30mWで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0039】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。

【0040】ITO付きガラス基板を用いて形成した試料は、電圧の印加により偏向を制御できることを確認する。液晶材料を含有しているので交流パルス駆動（1KHz、50%デューティサイクル）を行う。前述のHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させ、直射光と回折スポットそれぞれの強度をパワーメーターで連続にモニターしながら印加電圧を次第に上げていく。電圧上昇とともに回折スポット強度が弱くなり、ある値に達するとほぼ直射光のみになるのが観察される。この動作は個々の試料の出来具合によりその様子にばらつきが見られるが、He-Neレーザー光のおよそ90%が回折されている状態から40～50V付近で回折光が弱くなり始め、100～130V程度ではほぼ回折光はなくなる。レーザー光の2分割干渉照射に先立ち光を照射しない場合とした場合とを比較すると明らかに後者の方が回折効率が高い、すなわち電圧を印加して動作させたときのon-off比が大きくとれると言う優れた特性を示す。

【0041】（実施例5）ガラス基板として通常のスライドガラスを用い、材料系はネマティック液晶（チソ社）を約0.6g、オリゴマーはアクリル末端のウレタ

ンオリゴマーを約0.4g、増感剤はN-フェニルグリシンを約 $2 \times 10^{-3}$ g、色素はフルオレッセインを約 $1 \times 10^{-3}$ g、スペーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約 $1 \times 10^{-4}$ g（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。洗浄したスライドガラス2枚をおよそ78℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかミクロスポイトを利用する）一方のガラス基板上に滴下する。

【0042】気泡などが入らないように注意しながら他方のガラス基板をのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡るのを助けるためのもので、適当な重さでよい）をかけて数分間放置する。この後レーザー照射をするものとレーザー照射に先立って高圧水銀ランプによる光照射を行うものとを比較し、回折スポット強度が同程度のものを形成するに際し、後者が格子形成に要するレーザー光パワーの低減、液晶材料の偏析など回折特性の劣化防止、透明度の向上に有効であることを示す。ここでは高圧水銀ランプを用いるが、光源としてはこれに限定されるものではなく、類似の波長領域にスペクトル分布を有する光源であれば使用可能である。

【0043】一方はガラス基板間に材料をはさみ込んだ後基板ホルダーに装着し、2分割干渉レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力100mW（レーザー電源に付随のメーター値）で格子の形成におよそ30秒間の照射をする。

【0044】他方は、まず高圧水銀ランプを用い、厚さ10mmのガラス（BSL-7、OHARA Inc.、図3の光透過特性を有する）を通して、およそ9mWで4秒間紫外線照射を行う。そして先の光学系を用い、レーザー出力25mWでおよそ20秒間照射する。両者ともにレーザー光照射後、直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ30mWで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0045】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察すると、ステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。

【0046】単色のスポット光としてHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認



できる。形成に際しレーザー光照射に先立って紫外光照射を行わなかった試料は、回折スポット光とともにぼんやりと散乱した光の広がり、またはスポットを貫くようにして光る輝線が見られる。こうした傾向は前述の形成条件、例えば光照射時間、照射光パワーなどの条件を変化させてもその程度に差異が見られるものの解消はできない。一方、レーザー照射に先立ち紫外光照射を行った試料は、He-Neレーザーを用いた回折光評価で明るいスポットが観察されるのみである。

【0047】散乱光や輝線の見られる試料を顕微鏡により観察したところ、液晶が格子間に均一に存在せずに偏析を起こしているもの、重合した樹脂部分に不均一な模様が見られるものなどなんらかのミクロな不良を生じていることが見い出された。すなわち前段の紫外光照射によりこれらの不良が回避されるわけである。また、回折光の強度を比較すると紫外線照射無しにレーザー光を照射したものよりもレーザー光照射前に紫外線照射を行った方が明らかに回折効率は高く、前段の紫外線照射が特性の向上をもたらしている。

【0048】（実施の形態4）基板として各種のガラスを用い、材料系としてオリゴマーおよび液晶に増感剤および色素を添加したものを主体とするものを用い、この材料をガラス基板間にはさみ込み、レーザー光の2分割干渉照射により回折格子を形成する方法において、偏光性の制御を可能にする手法を開発した。これはあらゆる材料系において可能なわけではなく、ある種の材料と特殊な光照射方法との相互作用により初めて可能となったものである。液晶材料の最適化、材料系に1種類または複数種類のモノマーを添加すること、及びレーザー光照射に先立って行う紫外線を主体とする光照射により回折格子の偏光特性を制御するわけであるが、液晶材料およびモノマーの種類はきわめて多数有り、また新たなものも次々と開発されつつあるため、すべてを網羅する検証は不可能である。しかし、発明者らが行った検討結果からある種の傾向が得られた。

【0049】まず、望ましいと考えられる液晶材料はMerck Japanが販売しているもののうちTLシリーズである。物質名、分子構造などは明らかではないが、いずれも複屈折性が大きく、低電圧で動作させやすいなどいくつかの際立った特徴を有する一連の液晶材料群である。

【0050】また、添加するモノマーについては単官能であるか多官能であるかの相異ではなく、ベンゼン環を有するもの、例えばフェノキシエチルアクリレート、フェノキシポリエチレングリコールアクリレート、ノニルフェノールEO付加物アクリレート、ヒドロキシフェノキシプロピルアクリレート、ビスフェノールAのEO付加物アクリレート、ネオペンチルグリコールアクリル酸安息香酸エステル、フェノキシエチルメタクリレート、ベンジルメタクリレート、ビスフェノールAのEO付加

物ジメタクリレートなどが有効である。

【0051】さらにオリゴマー、重合開始剤系との組み合わせが影響することはもちろんであり、これらについても各種の材料が可能であることは言うまでもないことであるが、Arレーザーの緑色発振線(514.5nm)を用いる場合にはアミン類、例えばN-フェニルグリシンを利用すると色素としてはローダミンB、フルオレッセイン、ローズベンガル、エオシンY、エリスロシンなどが感度もあり、良い組み合わせを提供する。

【0052】レーザー光2分割干渉照射に先立ち高圧水銀ランプを用い比較的短時間の光照射を行うが、その際の照射時間およびスペクトル分布の制御が重要である。光源としては高圧水銀ランプを用いるが、これに限定されるものではなく、類似の波長領域にスペクトル分布を有する光源であれば使用可能である。ランプの光を直接被処理物に照射するのではなく、材料に応じ1種類または複数種類のフィルターを利用する。

【0053】具体例は後述するが、これらはある特定波長領域の光を吸収または透過させるもので、組み合わせによりランプ自体の波長、すなわちエネルギー分布とは異なったエネルギー分布を作り出し、3次元格子構造の形成過程および液晶分子の優先配向方向を制御するものである。尚、現在のところそのメカニズムについて原子、分子レベルでの理解は得られていない。以下に代表的な具体例を示す。

【0054】（実施例6）基板として通常のスライドガラスおよび透明導電性薄膜（ここではITOを用いたが、そのほかにも使用可能な金属や金属酸化物、例えばSnO<sub>2</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnOなどがある）をつけたガラス基板（コーニング7059および旭硝子AN635）を用い、材料系はネマティック液晶（Merck社TL-216）を約0.3g、オリゴマーはフェニルグリシジルエーテルアクリレートヘキサメチレンジイソシアネートウレタンオリゴマーを約0.7g、モノマーはビスフェノールAのEO付加物アクリレートを約0.1g

（これは必須ではないが、オリゴマーの粘性を下げ、重合を早める効果があり、また、偏光特性の制御に一部寄与している）、増感剤はN-フェニルグリシンを約2×10<sup>-3</sup>g、色素はフルオレッセインを約1×10<sup>-3</sup>g、スペーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約3×10<sup>-4</sup>g（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。

【0055】洗浄したスライドガラス及びITO付きガラス基板各々2枚をおよそ55℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかマイクロスポイトを利用する）一方のスライドガラスおよびガラス基板のITOが付いた面上に滴下する。気泡などが入らないように注意しながら他方のスライドガラスおよびガ

ラス基板のITOが付いた面を材料側に向けてのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡るのを助けるためのもので、適当な重さでよい）をかけて数分間放置する。この後レーザー照射をするものとレーザー照射に先立って高圧水銀ランプを用いた光照射を行うものとを比較し、偏光特性の制御手法を示す。

【0056】光は偏光性を有し、振動面によりP波とS波とがある。回折格子により回折される光の偏光性を制御するために本例の液晶を含む材料系を用い、レーザー光の2分割干渉照射によって回折格子を形成するプロセスによりP波またはS波いずれかが優先的に回折される格子を以下のように形成する。

【0057】P波優先の回折格子の形成：高圧水銀ランプを用いる光照射において、直射であればおよそ9mwの条件に加え、フィルターとしてBSM18（OHARA

Inc.、光透過特性を示す図4）およびU330（Hoyaガラス製、光透過特性を示す図5）を用い、およそ12秒間照射する。

【0058】S波優先の回折格子の形成：高圧水銀ランプを用いる光照射において、直射であればおよそ9mwの条件に加え、フィルターとしてBSM18（OHARA

Inc.）及びU330（Hoyaガラス製）を用い、0～6秒間程度照射する。

【0059】その後、素早く基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力50mW（レーザー電源に付随のメーター値）で5～15秒間照射する。その後直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ19mWで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0060】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。

【0061】ITO付きガラス基板を用いて形成した試料は、電圧の印加により偏向を制御できることを確認する。液晶材料を含有しているので交流パルス駆動（1KHz、50%デューティーサイクル）を行う。前述のHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させ、直射光およ

び回折スポットそれぞれの強度をパワーメーターで連続にモニターしながら印加電圧を次第に上げていく。電圧上昇とともに回折スポット強度が弱くなり、ある値に達するとほぼ直射光のみになるのが観察される。ここで直射光の回折光に対する比率を回折効率の目安とし、その電圧印加に伴う変化の様子をプロットしたものを図6にS偏光優先、図7にP偏光優先の回折格子について示す。

【0062】この動作は個々の試料の出来具合によりその様子にばらつきが見られるが、He-Neレーザー光の回折スポット強度は、電圧の印加とともに弱くなり始め、20V程度ではほぼ回折光は無くなる。

【0063】この動作は、形成した3次元格子構造との関連において次のように説明される。格子構造はオリゴマーと液晶を主体とした材料系に3次元強度分布を有する干渉レーザー光の照射による重合反応の結果形成されるが、形成過程において液晶は均一に分布せずに光強度の弱い領域に多く存在するようになる。その後の紫外線照射によりこの状態が固定化され、液晶が多く存在する領域とそうではない領域とが形成されている。一方外部からの電圧印加に対して応答するのは樹脂部分ではなく液晶部分のみであるから電圧印加により液晶分子の向きが変化し、実効的に液晶の多い領域の屈折率が変化するため回折格子としての働きが外部電圧により制御できる。

【0064】（実施例7）基板として通常のスライドグラスおよび透明導電性薄膜（ここではITOを用いたが、そのほかにも使用可能な金属や金属酸化物、例えばSnO<sub>2</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnOなどがある）をつけたガラス基板（旭硝子AN635）を用い、材料系はネマティック液晶（Merck社TL-203）を約0.3g、オリゴマーはフェニルグリシジルエーテルアクリレートヘキサメチレンジイソシアネートウレタンオリゴマーを約0.8g、モノマーはフェノキシポリエチレングリコールアクリレートを約0.09g（これは必須ではないが、オリゴマーの粘性を下げ、重合を早める効果があり、また、偏光特性の制御に一部寄与している）、増感剤はN-フェニルグリシンを約2×10<sup>-3</sup>g、色素はフルオレッセインを約1×10<sup>-3</sup>g、スパーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約4×10<sup>-4</sup>g（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。

【0065】洗浄したスライドグラスおよびITO付きガラス基板各々2枚をおよそ50℃に加熱し、また材料系も同じ温度にしておく。温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかマイクロスポイトを利用する）一方のスライドグラスおよびガラス基板のITOが付いた面上に滴下する。気泡などが入らないように注意しながら他方のスライドグラスおよびガ

ラス基板のITOが付いた面を材料側に向けてのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡るのを助けるためのもので、適当な重さでよい）をかけて数分間放置する。この後レーザー照射をするものとレーザー照射に先立って高圧水銀ランプを用いた光照射を行うものとを比較し、偏光特性の制御手法を示す。

【0066】光は偏光性を有し、振動面によりP波とS波とがある。回折格子により回折される光の偏光性を制御するために本例の液晶を含む材料系を用い、レーザー光の2分割干渉照射によって回折格子を形成するプロセスによりP波またはS波いずれかが優先的に回折される格子を以下のように形成する。

【0067】P波優先の回折格子の形成：高圧水銀ランプを用いる光照射において、直射であればおよそ9mwの条件に加え、フィルターとしてBSM18（OHARA Inc.、光透過特性を示す図4）およびU330（Hoyaガラス製、光透過特性を示す図5）を用い、8～12秒間照射する。

【0068】S波優先の回折格子の形成：高圧水銀ランプを用いる光照射において、直射であればおよそ9mwの条件に加え、フィルターとしてBSM18（OHARA Inc.）及びU330（Hoyaガラス製）を用い、0～4秒間程度照射する。

【0069】その後、素早く基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのはもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力50mw（レーザー電源に付随のメーター値）で5～20秒間照射する。その後直ちに高圧水銀ランプを用い、およそ19mwで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0070】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。

【0071】ITO付きガラス基板を用いて形成した試料は、電圧の印加により偏向を制御できることを確認する。液晶材料を含有しているので交流パルス駆動（1KHz、50%デューティサイクル）を行う。前述のHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させ、直射光と回

折スポットそれぞれの強度をパワーメーターで連続にモニターしながら印加電圧を次第に上げていく。電圧上昇とともに回折スポット強度が弱くなり、ある値に達するとはほぼ直射光のみになるのが観察される。ここで直射光の回折光に対する比率を回折効率の目安とし、その電圧印加に伴う変化の様子をプロットしたものを図8にS偏光優先、図9にP偏光優先の回折格子について示す。

【0072】この動作は個々の試料の出来具合によりその様子にばらつきが見られるが、He-Neレーザー光の回折スポット強度は、電圧の印加とともに弱くなり始め、15～20V程度でほぼ回折光は無くなる。

【0073】（実施例8）基板として通常のスライドガラスおよび透明導電性薄膜（ここではITOを用いたが、そのほかにも使用可能な金属や金属酸化物、例えばSnO<sub>2</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnOなどがある）をつけたガラス基板（旭硝子AN635）を用い、材料系はネマティック液晶（Merck社TL-216）を約0.3g、オリゴマーはフェニルグリシジルエーテルアクリレートヘキサメチレンジイソシアネートウレタンオリゴマーを約0.8g、モノマーはフェノキシポリエチレングリコールアクリレート（約0.05g）及びビスフェノールAのEO付加物ジアクリレート（約0.4g（これは必須ではないが、オリゴマーの粘性を下げ、重合を早める効果があり、また、偏光特性の制御に一部寄与している）、増感剤はN-フェニルグリシンを約2×10<sup>-3</sup>g、色素はフルオレッセインを約1×10<sup>-3</sup>g、スペーサーとして直径10ミクロンのガラスビーズを約4×10<sup>-4</sup>g

（この分量は値そのものに重要性はなく、ガラス基板にはさみ込んだ時に均一なスペースを維持できればよい）使用する。

【0074】洗浄したスライドガラス及びITO付きガラス基板各々2枚をおよそ55℃に加熱し、また、材料系も同じ温度にしておく。温度が安定したのを確認し、材料系を少量（スパチュラーの先端につけるかミクロスポイトを利用する）一方のスライドガラスおよびガラス基板のITOが付いた面上に滴下する。気泡などが入らないように注意しながら他方のスライドガラスおよびガラス基板のITOが付いた面を材料側に向けてのせ、適度な加重（数十～数百g程度：材料がすみやかに均一にガラス基板間に行き渡るのを助けるためのもので、適当な重さでよい）をかけて数分間放置する。この後レーザー照射をするものとレーザー照射に先立って高圧水銀ランプを用いた光照射を行うものとを比較し、偏光特性の制御手法を示す。

【0075】光は偏光性を有し、振動面によりP波とS波とがある。回折格子により回折される光の偏光性を制御するために本例の液晶を含む材料系を用い、レーザー光の2分割干渉照射によって回折格子を形成するプロセスによりP波またはS波いずれかが優先的に回折される格子を以下のように形成する。

【0076】P波優先の回折格子の形成：高压水銀ランプを用いる光照射において、直射であればおよそ9mwの条件に加え、フィルターとしてBSM18（OHARA Inc.、光透過特性を示す図4）およびU330（Hoyaガラス製、光透過特性を示す図5）を用い、4～12秒間照射する。

【0077】S波優先の回折格子の形成：高压水銀ランプを用いる光照射において直射であれば、およそ9mwの条件に加え、フィルターとしてBSM18（OHARA Inc.）及びU330（Hoyaガラス製）を用い、0～2秒間程度照射する。

【0078】その後、素早く基板ホルダーに装着し、レーザー光を照射する。基板ホルダーは光の通過窓を有するものが必要なのもちろんである。同時に、温度制御のための加熱機構を備えたものが望ましい。およそ1ミクロン周期の格子を形成するためにArレーザーの514.5nmの発振線を使い、2分割した光は光路が正確に同じになるように調整し、基板への入射角度は15°に設定する。レーザー出力50mw（レーザー電源に付随のメーター値）で3～20秒間照射する。その後直ちに高压水銀ランプを用い、およそ19mwで2分間照射する。これで人工格子の形成は終了だが、室温に戻るまでの間はわずかに変化が進行するので、暗室のままで放置する。

【0079】形成した人工格子を偏光顕微鏡下で観察するとステージの回転にともない全体の明るさが変化するが、これは材料系に含まれる液晶がある方向性をもって配向しているためである。また1000倍程度の高倍率で観察すると細かな格子縞が見られる。さらに、単色のスポット光、例えばHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させると直射光のほかに回折スポットが見られ、回折格子が形成されていることが確認できる。

【0080】ITO付きガラス基板を用いて形成した試料は、電圧の印加により偏向を制御できることを確認する。液晶材料を含有しているので交流パルス駆動（1KHz、50%デューティサイクル）を行う。前述のHe-Neレーザーの赤色光を試料に入射させ、直射光及び回折スポットそれぞれの強度をパワーメーターで連続にモニターしながら印加電圧を次第に上げていく。電圧上昇とともに回折スポット強度が弱くなり、ある値に達するとはほぼ直射光のみになるのが観察される。ここで直射

光の回折光に対する比率を回折効率の目安とし、その電圧印加にともなう変化の様子をプロットしたものを図10にS偏光優先、図11にP偏光優先の回折格子について示す。

【0081】この動作は個々の試料の出来具合によりその様子にばらつきが見られるが、He-Neレーザー光の回折スポット強度は、電圧の印加とともに弱くなり始め、15～20V程度でほぼ回折光は無くなる。

【0082】

10 【発明の効果】以上のように本発明は、人工格子構造の形成を異なる薄膜の繰り返し積層ではなく、ある材料系に対するエネルギー線の作用により可能にする。さらに、格子構造形成のための2分割されたエネルギー線照射に先立つ他のエネルギー線の照射を応用することにより、作用時間の短縮、屈折率が変化する材料の変質、偏折、劣化の防止、回折格子を形成した場合の回折効率向上、偏光性の制御などを可能にする。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】本発明により形成する人工格子の断面を示す概略図

【図2】光照射に用いる光学系の構成図

【図3】ガラス（BSL7）の透過特性図

【図4】ガラス（BSM18）の透過特性図

【図5】ガラス（U330）の透過特性図

【図6】S偏光優先の回折格子の電気的動作特性図

【図7】P偏光優先の回折格子の電気的動作特性図

【図8】S偏光優先の回折格子の電気的動作特性図

【図9】P偏光優先の回折格子の電気的動作特性図

30 【図10】S偏光優先の回折格子の電気的動作特性図  
【図11】P偏光優先の回折格子の電気的動作特性図

【符号の説明】

1 屈折率n1領域

2 屈折率n2領域

3 材料系

4 基体

21 レーザー

22 コリメート用レンズ系

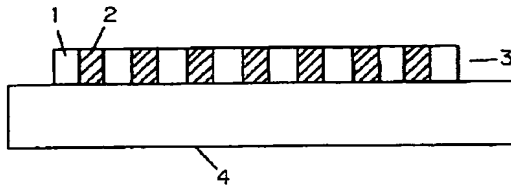
23 ハーフミラー

24 ミラー

40 25 被処理物

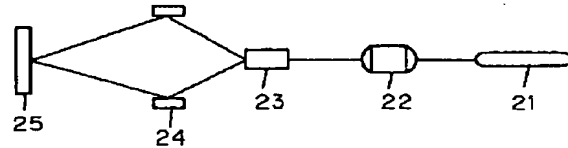
【図1】

- 1 屈折率 $n_1$ 領域  
2 屈折率 $n_2$ 領域

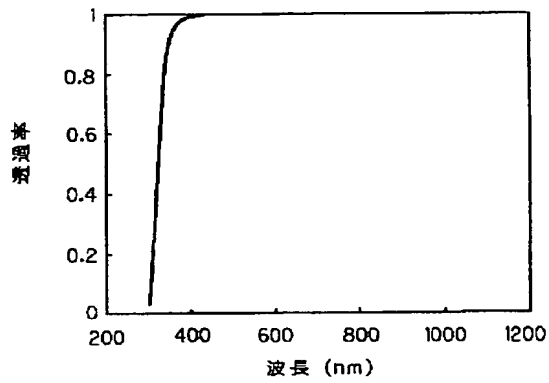


【図2】

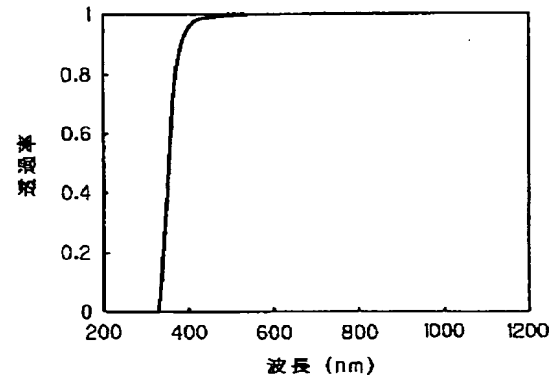
- 21 レーザー  
22 コリメート用レンズ系  
23 ハーフミラー  
24 ミラー  
25 被処理物



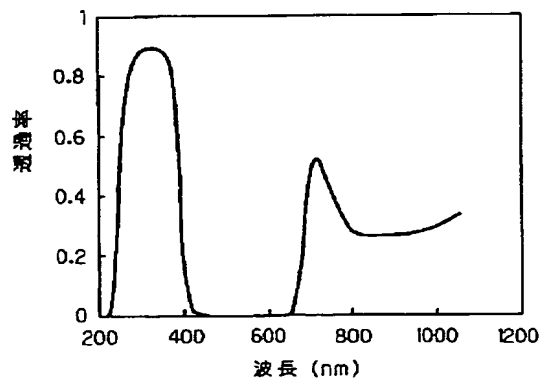
【図3】



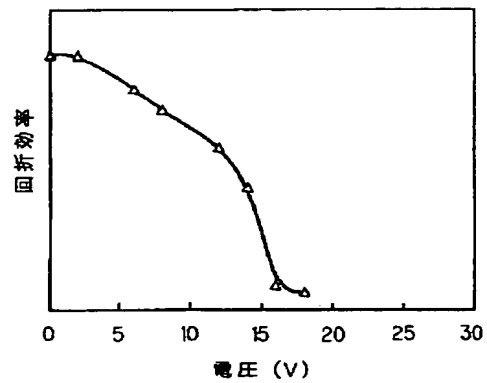
【図4】



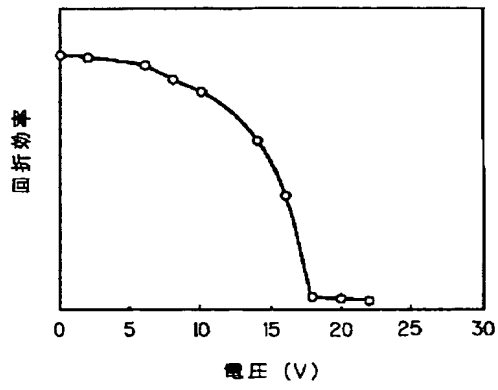
【図5】



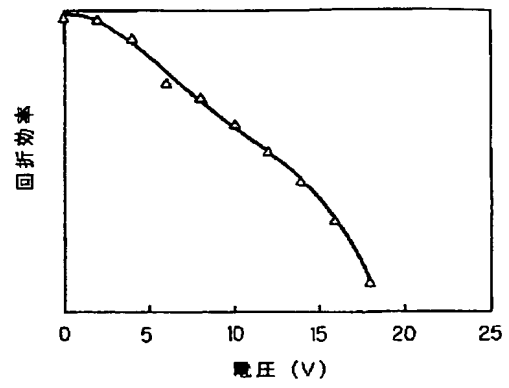
【図6】



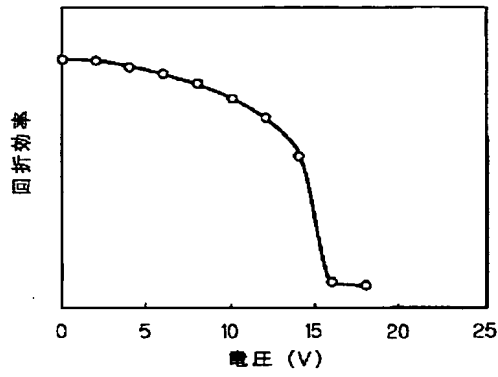
【図7】



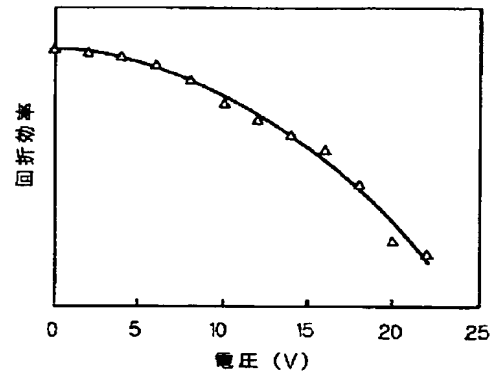
【図8】



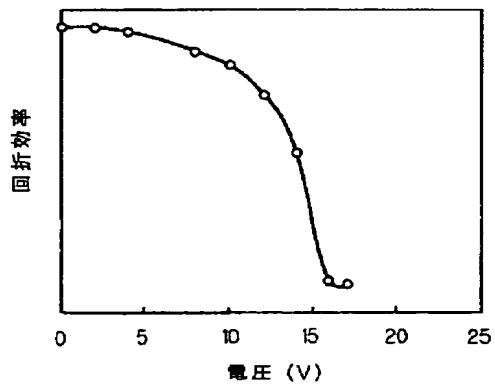
【図9】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**